

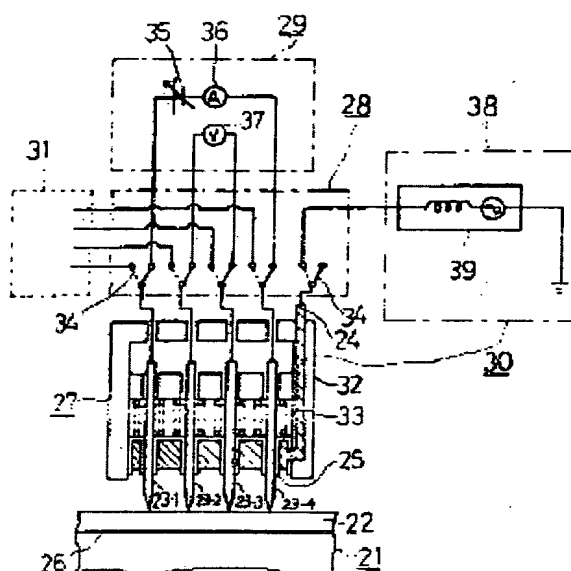
# METHOD AND DEVICE FOR MEASURING SURFACE RESISTANCE

**Patent number:** JP1213579  
**Publication date:** 1989-08-28  
**Inventor:** UMEMURA YOSHIO  
**Applicant:** OKI ELECTRIC IND CO LTD  
**Classification:**  
 - international: G01R27/02; G01R31/28; H01L21/66  
 - european:  
**Application number:** JP19880039006 19880222  
**Priority number(s):** JP19880039006 19880222

Report a data error here

## Abstract of JP1213579

**PURPOSE:** To reduce contact resistance produced at the time of surface resistance measurement so as to perform highly accurate surface resistance measurement by giving ultrasonic vibrations to plural probes after the probes are brought into contact with the surface of a semiconductor substrate, and then, measuring the resistance of the substrate. **CONSTITUTION:** Four probes 23-1-23-4 are arranged in a line above the surface of a semiconductor substrate 21, namely, above the surface of a diffusion layer 22 and their end sections are almost perpendicularly brought into contact with the surface of the diffusion layer 22. Thereafter, ultrasonic vibrations are given to the probes 23-1-23-4. Accordingly, the end sections of the probes make friction movement at the points where the end sections are brought into contact with the surface of the layer 22 due to the ultrasonic vibrations and the dust and oxidized crusts adhering to the end sections of the probes or the surface of the layer 22 are removed. Therefore, surface resistance measurement can be performed in a state where the surface resistance is reduced with a little probe loads which do not produce stress strain in the semiconductor substrate.



## ⑫ 公開特許公報(A)

平1-213579

⑤ Int. Cl. 4

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)8月28日

G 01 R 27/02

R-7706-2G

31/28

K-6912-2G

H 01 L 21/66

L-6851-5F 審査請求 未請求 請求項の数 2 (全7頁)

⑭ 発明の名称 表面抵抗測定方法及びその装置

⑯ 特 願 昭63-39006

⑰ 出 願 昭63(1988)2月22日

⑱ 発 明 者 梅 村 佳 男 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内

⑲ 出 願 人 沖電気工業株式会社 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

⑳ 代 理 人 弁理士 柿 本 恭 成

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

表面抵抗測定方法及びその装置

## 2. 特許請求の範囲

1. 半導体基板の表面に複数の探針を接触させ、該探針を介して前記半導体基板に電流を流すことにより該探針間における前記半導体基板の抵抗を測定する表面抵抗測定方法において、

前記半導体基板の表面に前記探針を接触させた後、該探針に超音波振動を与え、しかる後に該探針間における前記半導体基板の抵抗を測定することを特徴とする表面抵抗測定方法。

2. 半導体基板の表面に接触し、該半導体基板に電流を流し込むと共に該半導体基板の抵抗を測定するための複数の探針と、前記探針に定電流を供給すると共に該探針間における前記半導体基板の抵抗を測定する測定回路部とを、備えた表面抵抗測定装置において、

高周波電気振動を発生する発振装置部と、前記高周波電気振動を入力してこれを超音波振動に変

換し、該超音波振動を前記探針に与える超音波振動子とを、設けたことを特徴とする表面抵抗測定装置。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、特に薄膜エピタキシャル層或は拡散層等が形成された半導体基板に対する表面抵抗測定方法及びその装置に関するものである。

(従来の技術)

従来、表面抵抗測定方法としては、2探針法、4探針法、高周波法及び拡がり抵抗法等があるが、これらのうち現在最も広く用いられている方法として4探針法が挙げられる。

4探針法は、試料に対する特別な加工が不要なこと、及び試料形状等に対する補正値が確率されている等の理由により、簡便かつ正確な表面抵抗の測定方法として、特に薄膜のエピタキシャル層や拡散層の評価に広く用いられている。

このような4探針法においても、探針と試料表面との接触部に発生する接触抵抗、或は探針に加

えられる荷重に起因する応力歪等により測定誤差を生じるという不具合がある。これらの不具合を解決するものとして、実公昭53-13340号公報、特開昭60-149144号公報、及び特開昭61-247046号公報等で提案されている方法があるが、いずれも実用上の難点があり、4探針法に代り得るに至っていないのが実状である。

一方、近年の半導体装置の技術的進歩に伴い、エピタキシャル層や拡散層はますます薄膜化され、現状では厚さ1 $\mu$ m以下のエピタキシャル層等に対する表面抵抗の測定は、普通のこととなっている。

以上の状況下において、4探針法の表面抵抗測定装置も種々市販されて実用に供されており、測定装置自体にも種々の改良がなされてきた。

第2図は従来の4探針法による表面抵抗測定方法を示す模式図である。

第2図において、被測定試料としての半導体基板1は、その上部に例えば、拡散層2が形成され

$$\rho_s = \frac{\pi}{\ln 2} \cdot \frac{V}{I} \cdot K \quad \dots (1)$$

と表わされる。Kは拡散層2の形状及び測定位置に関する補正係数で、 $0 \leq k \leq 1$ の値をとる。探針箇所と比較して拡散層2の面積が十分大きく、例えば拡散層2の面積が40 $\times$ 40mm<sup>2</sup>以上のときは、1%以内の誤差でK=1と見なしてもよいことが判っている。

以上のようにして、一定の電流Iを流したときの電位差Vを測定すれば、拡散層2の表面抵抗 $\rho_s$ が得られる。

ところが、上記の表面抵抗測定方法においては、接触抵抗或は応力歪に起因する測定誤差を生じるという不具合があった。

即ち、探針3-1 $\sim$ 3-4と拡散層2表面との接触状態が悪いときには、その接触箇所に大きな接触抵抗を生じ、誤測定のおそれが生じる。この接触抵抗を低下させ、良好なオーミック接続を得

て成るものである。この半導体基板1の表面、即ち拡散層2の表面に、4本の探針3-1 $\sim$ 3-4を一行に並べてそれぞれの先端を接触させる。各探針3-1 $\sim$ 3-4には拡散層2との接触を確実にこなうために200g程度の荷重を加え、それぞれを拡散層2に圧接する。このときの各探針3-1 $\sim$ 3-4の間隔は、通常1mm程度とする。

次に、両端に位置する探針3-1、3-4を電流電極として、定電流電源より一定電流を半導体基板1表層部に流す。このとき、半導体基板1表層部の電流は、PN接合部4が存在するため理想的には全て拡散層2内を流れ、PN接合部4より下方の半導体基板1内には流れない。

探針3-1、3-4から電流を流し込むことにより拡散層2の表面にはその表面抵抗に応じて電位差分布が生じる。この電位差を探針3-1、3-4の内側に位置する探針3-2、3-3で測定する。ここに、電流Iを流したときに探針3-2、3-3間に電位差Vが得られたとすれば、拡散層2の表面抵抗 $\rho_s$ は、

るためには、ある程度の荷重を探針3-1 $\sim$ 3-4に加える必要があるが、荷重を加え過ぎれば拡散層2に局部的かつ過大な応力歪を生じ、PN接合部4の電流阻止機能を低下させることによって、測定誤差が増大する。このように、接触抵抗及び応力歪は個々に発生するものではなく、二律背反の関係を有するものである。

前記接触抵抗を生じる原因は、殆どの場合探針先端部と半導体基板接触部の汚れ、もしくは探針先端部が半導体基板に形成された自然酸化膜と考えられる。それ故、この汚れや自然酸化膜の影響を除去するために、各探針3-1 $\sim$ 3-4間に高電圧を印加する方法も用いられている。この方法は表面抵抗の測定に先立ち、汚れや自然酸化膜を高電圧で絶縁破壊し、接触抵抗の低下を図ろうとするものである。

第3図は従来の表面抵抗測定装置の一例を示す構成図である。

この表面抵抗測定装置は4端子法用のものであり、探針部5、切り替え回路部6、測定回路部7

及び高電圧印加回路部8によって構成されている。探針部5は、探針ケース9内に4本の探針3-1～3-4を有している。これらの各探針3-1～3-4は、切り替え回路部6のスイッチ10を介して測定回路部7及び高電圧印加回路部8に接続されている。

前記測定回路部7は、探針3-1、3-4に定電流Iを供給するための電源11と電流計12を備えると共に、探針3-2、3-3間の電位差を測定するための電圧計13を有している。また、高電圧印加回路部8は、各探針3-1～3-4間に高電圧を印加するための電源14と抵抗15、及び切り替え用のスイッチ16を有している。高電圧印加回路部8は、スイッチ10、16によって各探針3-1～3-4間に選択的に高電圧印加が可能な構成となっている。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上記構成の表面抵抗測定方法及びその装置においては、依然として接触抵抗或は応力歪に起因する測定誤差を生じるという問題点

ばらついていることが判る。これは、探針から加えられた荷重がPN接合部に応力歪を与えていることと、絶縁破壊によってPN接合部が損傷を受けていることに起因している。即ち、測定時の荷重は探針1本当たり100gとし、通常の200gより小さな荷重としたにもかかわらず、エピタキシャル層が薄いためにPN接合部に応力歪を生じ、漏洩電流によるばらつきを生じたものである。また、測定値が極端に小さくなっている箇所は、絶縁破壊によってPN接合部も破壊されてしまったために生じているものである。なお、前記荷重をさらに小さくして測定した場合には、探針とエピタキシャル層との接触抵抗による誤差が増大し、満足する測定結果が得られない。

本発明は、前記従来技術がもっていた課題として、二律背反の関係にある接触抵抗と応力歪のために正確な測定が困難な点、及びこれを解決するための絶縁破壊はPN接合部をも破壊して測定結果に悪影響を及ぼす点について解決した表面抵抗測定方法及びその装置を提供するものである。

があった。

即ち、高電圧印加回路部8を設けることによって、例えば深さ5 $\mu$ m程度以上の深い拡散層2やエピタキシャル層を有する半導体基板1の測定に対しては、一定の効果が得られるものの、例えば深さ1 $\mu$ m以下の極く薄い拡散層2やエピタキシャル層を有するものに対しては、かえって測定結果に悪影響を及ぼすおそれがあった。これは、拡散層2等が薄い場合には、汚れや自然酸化膜を高電圧で絶縁破壊すると、表面近くに位置するPN接合部4も破壊され易いためで、その後の測定結果に対する信頼性が失われてしまう。

第4図に第3図の測定装置によって表面抵抗を測定した結果を示す。この測定は、直径4インチのP形基板上に厚さ約1 $\mu$ mのN形エピタキシャル層を形成した半導体基板に対して行なったものである。図の横軸にN形エピタキシャル層上の同一箇所付近における繰り返し測定回数を示し、縦軸に各測定回毎の表面抵抗値を示す。

第4図より、各測定回毎に表面抵抗値が大きく

(課題を解決するための手段)

第1の発明は、前記課題を解決するために、半導体基板の表面に複数の探針を接触させ、該探針を介して前記半導体基板に電流を流すことにより該探針間における前記半導体基板の抵抗を測定する表面抵抗測定方法において、前記半導体基板の表面に前記探針を接触させた後、該探針に超音波振動を与え、しかる後に該探針間における前記半導体基板の抵抗を測定するようにしたものである。

また、第2の発明は、半導体基板の表面に接触し、該半導体基板に電流を流し込むと共に該半導体基板の抵抗を測定するための複数の探針と、前記探針に定電流を供給すると共に該探針間における前記半導体基板の抵抗を測定する測定回路部とを、備えた表面抵抗測定装置において、高周波電気振動を発生する発振装置部と、前記高周波電気振動を入力してこれを超音波振動に変換し、該超音波振動を前記探針に与える超音波振動子とを設けたものである。

## (作 用)

第1の発明によれば、以上のように表面抵抗測定方法を構成したので、半導体基板の表面に接触した探針に加えられる超音波振動は、その探針を高周波数で振動させ、探針と半導体基板表面との接触面において摩擦運動を生じさせるように働く。この摩擦運動によって、探針或は半導体基板表面に付着していた汚れもしくは酸化皮膜が除去され、探針と半導体基板表面間における接触抵抗が低減する。さらにこの接触抵抗の低減によって探針荷重の減少が可能となり、半導体基板に発生する応力歪を極力抑えることができる。

また、第2の発明によれば、表面抵抗測定装置に設けられた発振装置部と超音波振動子は、高周波電気振動を超音波振動に変換して探針に伝え、探針と半導体基板表面との間に摩擦運動を生じしめる。ことによって、前記表面抵抗測定方法に基づいた測定を容易かつ確実に行なわしめ、信頼性の高い表面抵抗測定を実現させる。

したがって、前記課題を解決することができる。

で配置するものとし、間隔Sは例えば約1mmとする。

次に、各探針23-1~23-4に超音波振動を与える。この超音波振動は、例えば周波数100KHz、出力30W程度で超音波振動子24を振動させ、その振動を絶縁物スペーサ25を介して各探針23-1~23-4に伝えるものである。超音波振動により、各探針先端部は拡散層22表面との接触箇所において摩擦運動を生じ、各探針先端部或は拡散層22表面に付着していた汚れ及び酸化皮膜は除去される。

この際、前記超音波振動による各探針先端部の全振幅は数 $\mu$ m程度であり、各探針先端部の半径が数10~数100 $\mu$ m程度であること、及び探針間隔Sが1000 $\mu$ m程度であることから、各探針先端部に損傷を生じたり、或は探針間隔Sの変化によって測定誤差を生じることはない。

前記超音波振動により各探針23-1~23-4と拡散層22表面における汚れ及び酸化皮膜を除去した後、従来と同様に探針23-1、

## (実施例)

第1図(a)、(b)は第1及び第2の発明の実施例を示すための表面抵抗測定装置の構成図であり、同図(a)はその全体構成図及び同図(b)は探針部の平面図である。図を用いて、先ず第1の発明について説明する。

被測定試料としての半導体基板21は、その上部に例えば拡散層22が形成されて成るものである。この半導体基板21の表面、即ち拡散層22の表面に4本の探針23-1~23-4を直線状に並べ、それぞれの先端部を拡散層22表面にほぼ垂直に接触させる。このときの各探針23-1~23-4を拡散層22表面に押し付ける強さ、即ち各探針に加える荷重は、従来の方法の約1/10である20g程度とすれば十分である。これは、後述するように本実施例の方法では、探針先端部と拡散層22表面との間に空間的な間隙を生じなければよいので、従来のような大きな探針荷重を必要としない。各探針23-1~23-4は、第1図(b)に示すように等間隔S

23-4を電流電極として拡散層22に所定電流を流す。次いで、探針23-2、23-3を電位電極として拡散層22表面に発生している電位差を測定し、そのときの電流・電位差より表面抵抗値を算出する。

このように本実施例では、超音波振動によって汚れ及び酸化皮膜を予め除去するので、各探針23-1~23-4と拡散層22間の接触抵抗が著しく低減される。しかも、この超音波振動による接触抵抗低減によって、各探針を拡散層表面に強く押し付ける必要がなくなり、従来約1/10程度の探針荷重で十分である。それ故、拡散層22に過大な応力歪を生じることなく、PN接合部26の電流阻止機能が低下することはない。したがって、接触抵抗及び応力歪に起因する測定誤差の発生を防止することができる。勿論、絶縁破壊を施す必要もなくなるので、PN接合部26に損傷を生じるおそれもない。

次に、第2の発明の表面抵抗測定装置について、第1図(a)、(b)を用いて説明する。

この表面抵抗測定装置は、探針部27、切り替え回路部28、測定回路部29及び超音波振動発生装置30によって構成されている。必要に応じて、高電圧印加回路部31を設けてもよい。探針部27は、探針ケース32内に4本の探針23-1~23-4を有しており、各探針は絶縁物スペーサ25によって所定間隔に保持されている。探針ケース32内には、超音波振動発生装置30の一部を構成する超音波振動子24が組み込まれ、超音波振動子24によって発生した超音波振動は、絶縁物スペーサ25を介して各探針23-1~23-4に伝えられるような構成となっている。また、探針ケース32内には探針に対する緩衝材の役割をなすスプリング33も設けられている。

前記各探針23-1~23-4は、切り替え回路部28のスイッチ34を介して測定回路部29に接続されており、必要に応じて高電圧印加回路部31にも接続される。測定回路部29は、探針23-1, 23-4に定電流を供給するための電

源35と電流計36を備えると共に、探針23-2, 23-3間の電位差を測定するための電圧計37を有している。

前記超音波振動子24は、切り替え回路部28のスイッチ34を介して発振装置部38に接続されている。この発振装置部38と超音波振動子24によって超音波振動発生装置30が構成されている。発振装置部38は高周波電気振動を発生し、これを超音波振動子24に出力するためのものであり、発振回路39等を有している。発振装置部38から出力された高周波電気振動は、超音波振動子24によって超音波振動に変換され、前述の如く各探針23-1~23-4に伝えられる。なお、超音波振動発生装置30は、探針先端の材質等の諸条件に対応可能なように、出力可変方式とすることが望ましい。

第5図に、上記構成の表面抵抗測定装置を使用し、前記第1の発明の測定方法に従って半導体基板表面の同一箇所付近に対して繰り返し測定を行った結果を示す。図の横軸は測定回数を示し、

縦軸は各測定回毎の表面抵抗値を示すものである。この測定は、従来の第4図に示す測定と同様に、直径4インチのP形基板上に厚さ約1 $\mu$ mのN形エピタキシャル層を形成した半導体基板に対して行なったものである。なお、高電圧印加回路31による絶縁破壊は行っていない。

第5図より明らかなように、従来の方法による測定結果に認められたばらつきは殆どなく、再現性の良い極めて正確な測定値が得られている。即ち、本実施例の表面抵抗測定装置を用いた計測では、超音波振動によって探針及びエピタキシャル層表面の汚れや酸化皮膜を予め除去するので、接触抵抗が著しく低減される。これによって、探針をエピタキシャル層表面に強く押し付ける必要もなくなり、したがって探針荷重は従来の約1/10でよい。それ故、接触抵抗及び応力歪に起因する測定誤差を防止することが可能となる。このように、本実施例の表面抵抗測定装置を用いれば、極めて薄いエピタキシャル層や拡散層に対しても、信頼性の高い測定を実施することができ

る。

なお、第1, 第2の発明の表面抵抗測定方法及びその装置は、図示の実施例に限定されず種々の変形が可能であり、例えば次のような変形例が挙げられる。

(1) 第1図(a), (b)は4探針法について例示したが、2探針法等の他の測定方法及び装置に対しても本発明の適用が可能である。

(2) 第1図(a), (b)は、拡散層22もしくはエピタキシャル層が形成された半導体基板21に対する測定方法及び装置としたが、これに限定されるものではない。例えば、拡散層22やエピタキシャル層に代る他の層が形成された半導体基板、或はこれらが形成されない半導体基板にも本発明を適用することができる。

(3) 超音波振動発生装置30の構成は、図示のものに限定されない。例えば超音波振動子24は図示の構造を変えて、探針ケース32に直接振動を伝えるようにしてもよい。超音波振動子24としては、磁わい振動子、電わい振動子及び圧電

振動子等、種々の方式のものを用いることができる。また、発振回路39も超音波振動子24の方式等に応じて、適宜変形することができる。

(4) 本発明はあらゆる半導体基板に対して適用可能であり、その形状、材質、寸法等によって制約を受けるものではない。例えば通常の半導体ウエハは勿論、特殊な構成を有するもの、もしくは種々の製造段階にある半導体基板にも適用可能である。

#### (発明の効果)

以上詳細に説明したように、第1の発明の表面抵抗測定方法によれば、半導体基板表面に接触した探針に超音波振動を与え、その後表面抵抗を測定するようにしたので、探針と半導体基板表面に付着した汚れ及び酸化皮膜は、超音波振動によって確実に除去される。それ故、半導体基板に応力歪を生じない小さな探針荷重で接触抵抗の少ない測定を実施できる。しかも、絶縁破壊を施す必要もなくなり、これに基づく誤差発生を防止することもできる。したがって、極めて薄いエピタキシ

ヤル層や拡散層に対する表面抵抗測定にあっても、高精度かつ再現性に優れた測定が可能となる。

また、第2の発明の表面抵抗測定装置によれば、前記探針に的確な超音波振動を与えられるので、前記表面抵抗測定方法に基づいた測定を容易かつ確実に実施することができる。したがって、測定誤差が極力低減された信頼性の高い表面抵抗測定を実現することができる。

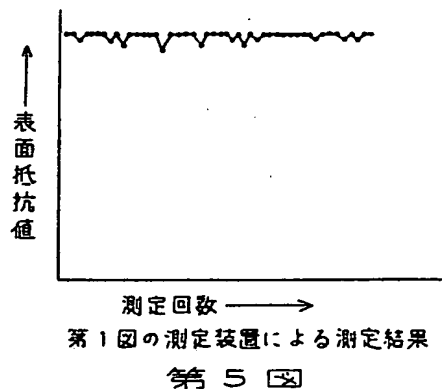
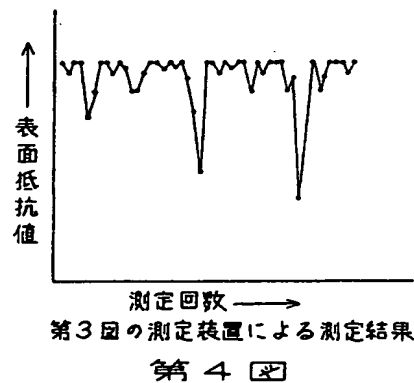
#### 4. 図面の簡単な説明

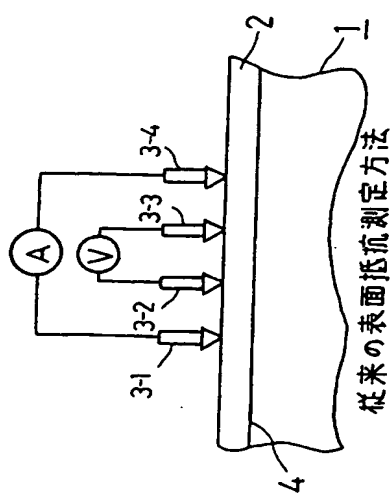
第1図(a)、(b)は第1及び第2の発明の実施例を示すための表面抵抗測定装置の構成図であり、同図(a)はその全体構成図、及び同図(b)は探針部の平面図、第2図は従来の表面抵抗測定方法を示す模式図、第3図は従来の表面抵抗測定装置の構成図、第4図は第3図の測定装置による表面抵抗の測定結果を示す図、第5図は第1図(a)、(b)の測定装置による表面抵抗の測定結果を示す図である。

21……半導体基板、22……拡散層、  
23-1~23-4……探針、24……超音波振

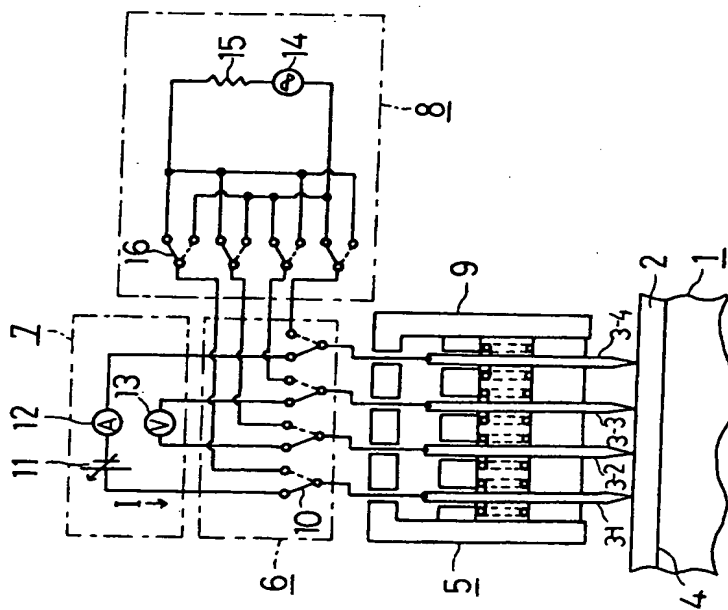
動子、29……測定回路部、30……超音波振動発生装置、38……発振装置部。

出願人代理人 柿 本 恭 成



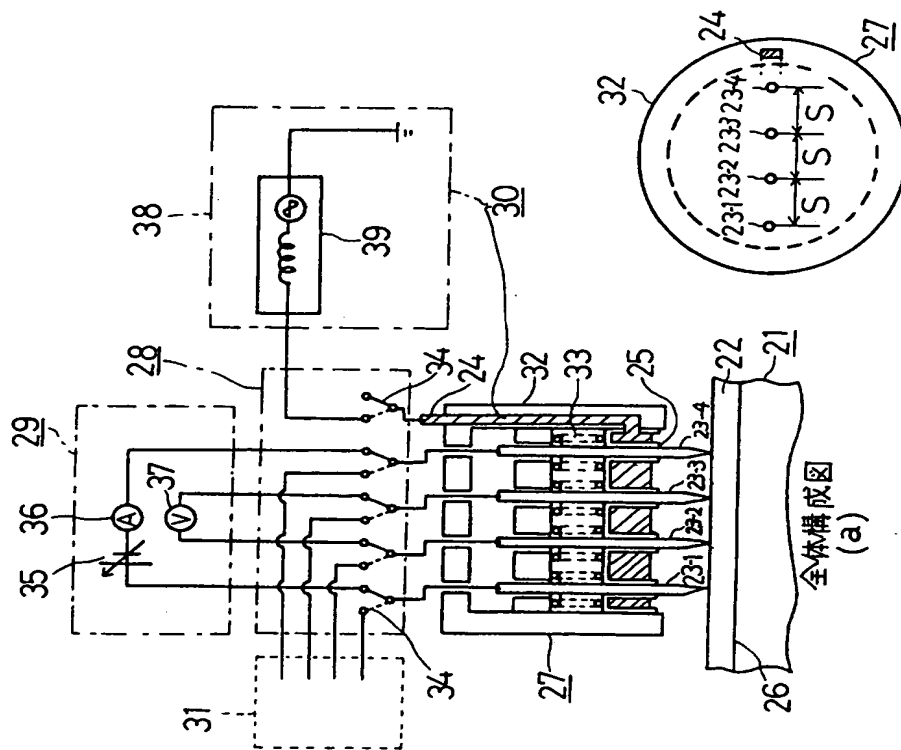


第2図



第3図

- 21: 半導体基板
- 22: 拡散層
- 23-1~23-4: 探針
- 24: 超音波振動子
- 29: 測定回路部
- 30: 超音波振動発生装置
- 38: 発振装置部



本発明の表面抵抗測定装置

第1図